

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

this Page Blank (uspto)



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

**Blatt 2 der Beschreibung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:
Application no.:
Demande n°: 01400353.7

Anmeldetag:
Date of filing:
Date de dépôt: 09/02/01

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
Koninklijke Philips Electronics N.V.
5621 BA Eindhoven
NETHERLANDS

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:

Procédé de fabrication d'un transducteur ultrasonore et transducteur obtenu selon le procédé

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:
State:
Pays:

Tag:
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:

/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

Page Blank (uspto)

**"Pr cédé de fabrication d'un transducteur ultras n re et
transducteur btenu sel n le pr cédé"**

Domaine de l'Invention

5 L'invention concerne un procédé de fabrication d'un transducteur ultrasonore qui comporte une étape de formage d'une plaque en forme de disque en matériau du type piézocomposite, en une calotte sphérique creuse.

Les transducteurs ultrasonores sont notamment utilisés dans le domaine médical. Leurs utilisations sont très nombreuses.

10 Il existe des transducteurs ultrasonores qui fonctionnent à de faibles puissances, de l'ordre de quelques centaines de milliwatts pour faire de l'imagerie, ainsi que des transducteurs appelés transducteurs ultrasonores de puissance qui permettent par exemple de détruire par élévation de température des tumeurs situées à l'intérieur du corps humain, de tels
15 transducteurs étant alors alimentés par des courants de l'ordre du watt à quelques centaines de watts.

De manière générale, les transducteurs ultrasonores permettent de focaliser une certaine quantité d'énergie dans une petite zone appelée tache focale qui a la forme d'un ellipsoïde. La tache focale correspond à la zone de
20 convergence du rayonnement ultrasonore produit par le transducteur. De façon générale, le rayonnement se propage selon une direction normale à la surface depuis laquelle il est émis. L'ensemble des rayonnements est appelé le faisceau ultrasonore. Ainsi, le faisceau ultrasonore est généralement orienté selon la direction qui correspond à l'axe de symétrie de la calotte
25 sphérique. Chaque transducteur présente une distance focale qui correspond à la distance entre la tache focale et le sommet de la calotte sphérique du transducteur. La distance focale d'un transducteur est principalement déterminée par sa géométrie, notamment par le rayon de courbure de la calotte sphérique. Ainsi, à chaque géométrie déterminée du transducteur
30 correspond une distance focale déterminée appelée distance focale géométrique du transducteur. La tache focale est d'autant plus allongée selon le grand axe de l'ellipsoïde, que la distance focale est grande.

Les transducteurs ultrasonores sont constitués d'un matériau piézoélectrique, c'est-à-dire d'un matériau qui se déforme lorsqu'il est
35 soumis à des impulsions de courant électrique. Les déformations du matériau produisent un rayonnement, dans le domaine de vibration des ultrasons, qui se propage dans l'eau ou les liquides et qui converge vers la tache focale dans laquelle il provoque notamment une augmentation de température. Pour des transducteurs ultrasonores de puissance, cette augmentation de

température est suffisante pour brûler des tissus du corps humain, notamment des tumeurs qui peuvent être bénignes ou malignes.

Pour optimiser le traitement, il est intéressant que la distance focale du transducteur utilisé soit courte. En effet, cela permet de diminuer les dimensions de la tache focale, ce qui augmente la précision du traitement. D'autre part, lorsqu'une tumeur est située à une faible distance de la surface externe de la peau du patient, cela permet de disposer le transducteur à proximité de la face externe de la peau. Cela réduit l'encombrement du dispositif et facilite le couplage entre le transducteur et la peau, ce qui optimise la pénétration de l'énergie dans le corps du patient. La distance focale peut être légèrement modifiée par un dispositif électronique qui permet de provoquer un déphasage des vibrations de certaines zones du transducteur pour augmenter ou diminuer la distance focale du transducteur par rapport à sa distance focale géométrique. La modification de la distance focale permet de déplacer la tache focale pour agrandir la zone de traitement, sans déplacer le transducteur. L'épaisseur de la calotte sphérique détermine la fréquence du rayonnement ultrasonore.

Arrière-Plan Technologique

Un procédé de réalisation d'un transducteur en forme de calotte sphérique est déjà connu de la publication intitulée "Feasibility of Using Ultrasound Phased Arrays for MRI Monitored Noninvasive Surgery" par Kullervo HYNENEN *et alii*, dans IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, VOL. 43, NO.6, NOVEMBER 1996. Ce procédé consiste à utiliser un matériau piézoélectrique massif dans lequel on usine une calotte sphérique aux dimensions désirées, notamment au rayon et à l'épaisseur désirés pour obtenir une distance focale géométrique et une fréquence de rayonnement déterminées. Ensuite, chaque face sphérique de la calotte est recouverte d'une électrode. Les électrodes permettent, lorsqu'elles sont alimentées en courant électrique, de faire vibrer le matériau piézoélectrique. Un tel procédé est très coûteux car il nécessite une quantité de matériau piézoélectrique importante ainsi que des usinages précis. De plus, on ne peut adapter le dispositif électronique permettant de provoquer le déphasage des vibrations de certaines zones en supprimant alors la possibilité de modifier la distance focale du transducteur.

Il est aussi connu de mettre en œuvre des matériaux du type piézocomposite qui consistent en un matériau constitué de petits éléments en matériau piézoélectrique qui sont enchâssés dans une matrice en matériau isolant tel qu'un matériau polymère. On réalise un disque de matériau piézocomposite dont chaque face est recouverte d'une électrode

réalisée par métallisation sous vide. Les électrodes permettent, lorsqu'elles sont alimentées en courant électrique, de faire vibrer le matériau piézoélectrique. L'électrode de la face arrière du disque consiste en la juxtaposition d'anneaux en matériau conducteur qui sont réalisés par
5 photogravure et attaque chimique. Du fait du matériau polymère qui le compose, le disque est thermoformable. On forme donc une calotte sphérique creuse en déformant le disque, sous l'influence de la chaleur, sur une forme ayant le rayon de courbure recherché.

Cependant, le formage du disque en une calotte sphérique creuse
10 induit dans le matériau piézocomposite des contraintes mécaniques importantes qui sont d'autant plus importantes que le rayon de courbure du transducteur ultrasonore est petit.

Lors du fonctionnement du transducteur, la vibration à des fréquences élevées, de l'ordre d'un à plusieurs MHz, des éléments
15 piézoélectriques provoque aussi des contraintes mécaniques à l'intérieur du matériau.

Lors de l'utilisation du transducteur ultrasonore, la somme des contraintes mécaniques doit rester inférieure à la contrainte limite de rupture du matériau piézocomposite.

20 Ainsi, un tel procédé présente ses limites lorsque l'on veut obtenir un transducteur ultrasonore de faible rayon de courbure. En effet, pour un transducteur ultrasonore d'un diamètre 100 mm et d'une épaisseur d'environ 1 mm pour fonctionner à 1,5 MHz, le rayon de courbure minimum qu'il est possible de réaliser est de l'ordre de 130 mm.

25 **Sommaire de l'Invention**

Pour résoudre ces problèmes, l'invention propose un procédé de fabrication d'un transducteur ultrasonore qui comporte une étape de formage d'une plaque en forme de disque en matériau du type piézocomposite, en une calotte sphérique creuse, selon la revendication 1.

30 L'invention propose aussi un traducteur ultrasonore en forme de calotte sphérique creuse réalisé selon le procédé précédent.

Description des Figures

Les caractéristiques et avantages de l'invention sont décrits ci-après en référence aux dessins schématiques annexés parmi lesquels :

35 - la figure 1 est une vue perspective d'un disque de matériau du type piézocomposite ;

- la figure 2 est une vue à grande échelle, en coupe radiale partielle et en perspective du disque représenté à la figure précédente ;

- la figure 3 est une vue en section du dispositif de formage du disque en calotte sphérique creuse réalisée selon l'état de la technique ;

- la figure 4 est une vue en perspective d'un transducteur ultrasonore réalisé selon un procédé de l'état de la technique ;

5 - la figure 5 est une vue à grande échelle en section partielle selon la ligne 5-5 représentée à la figure précédente ;

- la figure 6 est une vue de face schématique d'un disque de matériau piézocomposite après une étape de découpe de fentes d'orientation radiale réalisées selon l'invention ;

10 - les figures 7 et 8 sont des vues similaires à celles représentées à la figure précédente, les fentes étant réalisées selon des variantes de l'invention ;

- la figure 9 est une vue schématique en perspective d'un disque de matériau piézocomposite après une étape de découpe de fentes d'orientation radiale qui s'étendent jusqu'au centre du disque de façon à le séparer en
15 plusieurs parties distinctes ;

- la figure 10 est une vue schématique en perspective d'une calotte sphérique creuse réalisée selon le procédé de l'invention ;

- la figure 11 est une vue schématique qui représente un
20 transducteur ultrasonore réalisé selon le procédé de l'invention ;

- la figure 12 est une vue à grande échelle en section partielle selon la ligne 12-12 représentée à la figure précédente.

Dans la suite de la description, les éléments identiques ou similaires seront désignés par les mêmes chiffres de référence.

25 **Description de mises en œuvre de l'Invention**

Sur la figure 1, on a représenté un disque 20 en matériau du type piézocomposite. Un tel matériau est constitué d'éléments piézoélectriques 22 qui sont représentés en détail à la figure 2 et qui sont enchâssés dans un matériau 24 qui est isolant électrique tel que de la résine époxy. Dans cet
30 exemple, le diamètre et l'épaisseur du disque 20 sont de l'ordre de 120 mm et 2 mm respectivement. Les éléments piézoélectriques 22 traversent axialement le disque 20 et présentent une section transversale sensiblement carrée dont les côtés mesurent environ 100 micromètres. Ils sont répartis régulièrement dans le matériau 24. Chacune des deux faces du disque 20
35 comporte une électrode 42, 44 qui est réalisée par un procédé connu tel que celui qui a été décrit précédemment.

La réalisation d'une calotte sphérique creuse 26 est obtenue par déformation du disque 20. Pour ce faire, le disque 20 avec ses électrodes 42, 44 est disposé, conformément à la figure 3, entre deux matrices inférieure

30 et supérieure 32 d'un dispositif de formage 28. Les faces 34 et 36 en vis-à-vis des matrices inférieure 30 et supérieure 32 définissent la forme sphérique des faces concave 38 et convexe 40 de la calotte 26 sphérique. Ainsi, lorsque le disque 20 est disposé entre les deux matrices 30 et 32, le rapprochement axial de ces dernières provoque le formage du disque 20 en calotte sphérique 26.

L'électrode 42, déposée sur l'intégralité de la surface concave 38, est reliée, par un élément conducteur 46 connecté, à la borne positive d'un générateur de courant 48. L'électrode 44, agencée sur la surface convexe 40, consiste ici en la juxtaposition d'anneaux, dont deux sont désignés par des chiffres de référence 50 et 52, en matériau conducteur. Dans la pratique, l'électrode 44 est constituée par exemple de quatorze anneaux. Les anneaux 50, 52 sont séparés l'un de l'autre par un anneau 54 creux, représenté en détail à la figure 5. Selon une variante, l'anneau 54 peut être rempli d'un matériau isolant électrique, tel que du verni polyuréthane, pour s'assurer de l'isolation électrique des anneaux 50, 52 entre eux. Chaque anneau 50, 52 est relié au générateur de courant par des éléments conducteurs 56 et 58 distincts, conformément à la figure 4. Le dispositif ainsi réalisé forme un transducteur ultrasonore 60.

Lors du fonctionnement du transducteur ultrasonore 60, le générateur de courant 48 alimente les anneaux 50 et 52, ce qui provoque la vibration des éléments piézoélectriques 22 avec lesquels ils sont en contact. Lorsque tous les anneaux de l'électrode 44 sont alimentés par un courant dont la phase et l'amplitude sont égales, la tache focale est située à la distance focale géométrique du transducteur ultrasonore 60.

Le générateur de courant 48 peut aussi fournir aux éléments conducteurs 56 et 58 des courants de phases et d'amplitudes différentes. Cela permet notamment de modifier la distance focale de la tache focale.

Un tel dispositif permet de réaliser des transducteurs ultrasonores 60 dont le rayon de courbure est grand. Il permet ainsi d'obtenir des transducteurs présentant une distance focale importante.

Cependant, lorsque l'on désire obtenir des distances focales géométriques plus faibles, de façon à traiter des tumeurs situées à une faible distance de la surface de la peau du patient et à augmenter la précision du traitement, un tel procédé est inadapté.

En effet, pour diminuer la distance focale il est nécessaire de réduire le rayon de courbure du transducteur ultrasonore 60. Or, l'étape de formage du disque 20 en calotte sphérique 26 induit à l'intérieur du matériau piézocomposite des contraintes importantes. Pour un diamètre déterminé du

transducteur 60, les contraintes sont d'autant plus élevées que le rayon de courbure est petit. Cela s'explique par une déformation plus importante du disque 20 en matériau piézocomposite.

En effet, un premier disque d'un diamètre prédéterminé est
5 nécessaire pour obtenir une première calotte sphérique d'un premier diamètre et d'un premier rayon de courbure. De façon similaire pour obtenir une seconde calotte sphérique d'un second diamètre égale au premier diamètre et d'un second rayon de courbure supérieur au premier rayon de courbure, il est nécessaire de former un second disque de matériau
10 piézocomposite d'un diamètre supérieur au diamètre prédéterminé.

Lors du formage de la calotte sphérique, la longueur périphérique du disque est diminuée. La réduction de la longueur périphérique du second disque est supérieure à la réduction de la longueur périphérique du premier disque. Par conséquent, le formage de la seconde calotte sphérique induit
15 des contraintes, notamment des contraintes de compression, qui sont plus importantes que celles introduites par le formage de la première calotte sphérique. Lorsque le rayon de courbure de la calotte sphérique 26 est diminué en dessous d'une valeur prédéterminée qui peut dépendre du diamètre de la calotte 26 et de son épaisseur, les contraintes induites dans
20 le matériau piézocomposite de la calotte 26 sont trop importantes et risquent de provoquer la rupture ou le dysfonctionnement du transducteur 60 lors de son utilisation.

En effet, la somme des contraintes induites par le formage et des contraintes produites par la vibration des éléments piézoélectriques 22
25 peuvent créer des fissures dans le matériau piézocomposite, ce qui provoque le dysfonctionnement et/ou la rupture du transducteur 60. La somme des contraintes induites et des contraintes produites par la vibration des éléments piézoélectriques 22 peut aussi créer des déformations de la calotte 26 qui provoquent le dysfonctionnement du transducteur 60.

30 De façon à résoudre ce problème, selon l'invention, lors du procédé de fabrication du transducteur ultrasonore 60, l'étape de formage du disque 20 en matériau piézocomposite, en calotte sphérique 26, est précédée d'une étape de découpe qui consiste à réaliser au moins une fente 70 d'orientation radiale qui s'étend depuis le bord périphérique 72 du disque 20 vers son
35 centre C de façon que, après l'étape de formage, les deux bords 74, 76 libres opposés en vis-à-vis qui délimitent la fente 70 soient sensiblement en contact l'un avec l'autre, pour minimiser les contraintes internes dans la calotte 26 qui sont notamment provoquées par sa déformation.

Les figures 6 à 8 représentent des disques 20 en matériau piézocomposite dans lesquels des fentes 70, en nombre supérieur à 1, ont été réalisées. Dans l'exemple des figures 6 à 8, quatre fentes 70 ont été réalisées selon trois variantes de réalisation de l'invention.

5 Les fentes 70 sont de préférence réparties angulairement de manière régulière de façon qu'elles déterminent des secteurs angulaires 78 sensiblement identiques. Les fentes 70 s'étendent radialement partiellement selon des rayons du disque 20. Cela permet de diminuer fortement les contraintes induites dans la calotte 26, tout en conservant le disque 20 en
10 une pièce unique ce qui facilite son positionnement et son maintien à l'intérieur du dispositif de formage 28.

Selon la figure 6, les bords 74, 76 libres opposés sont parallèles entre eux. Ils peuvent être séparés de quelques millimètres. Ainsi, les fentes 70 du disque 20 peuvent être réalisées par une lame de scie dont l'épaisseur
15 correspond à la distance qui sépare les bords 74, 76 libres.

Selon la variante représentée à la figure 7, les bords 74, 76 libres opposés en vis-à-vis sont d'orientation radiale de façon que les fentes 70 correspondantes forment un V dont le sommet est orienté vers le centre C du disque 20. Les fentes 70 peuvent être réalisées par découpe au jet d'eau ou
20 par une scie à fil, par exemple diamanté.

Conformément à la figure 8, les bords 74, 76 libres opposés sont incurvés et convexes avec leurs convexités opposées. La forme exacte des bords 74, 76 libres opposés peut être déterminée avec précision par calcul à partir des équations représentatives de la déformation du disque 20 en
25 calotte sphérique creuse 26 par des méthodes approchées qui consistent notamment à déterminer la largeur des fentes 70 pour chaque diamètre déterminé du disque 20.

Selon une autre variante représentée à la figure 9, les fentes 70 s'étendent radialement jusqu'au centre C du disque 20 de façon à ce que les
30 secteurs angulaires 78 soient séparés. Cela permet ainsi de minimiser encore les contraintes internes à la calotte 26 qui sont dues à sa déformation. Dans l'exemple de la figure 9, secteurs angulaires 78 sont séparés en quatre parties distinctes.

Lors de l'étape de formage, les bords libres 74, 76 se rapprochent
35 l'un de l'autre. Les déformations se produisent aussi dans les zones situées à proximité de l'extrémité radiale borgne des fentes 70 de façon que la calotte 26 ne présente pas de trou. À ce stade plusieurs solutions sont envisageables.

La première consiste à mettre les bords 74, 76 libres en contact l'un avec l'autre. En se refroidissant, le matériau piézocomposite se durcit de façon à former la calotte sphérique creuse 26 et à figer ses dimensions.

Une autre solution consiste à injecter de la colle dans l'intervalle
5 entre les bords libres 74, 76. La colle permet ainsi de maintenir les bords libres 74, 76 entre eux et de rigidifier la calotte 26 sphérique creuse réalisée. Lorsque le matériau piézocomposite est durci et que la colle est solidifiée, elle empêche le décalage d'un secteur angulaire 78 par rapport aux secteurs angulaires 78 adjacents.

10 La figure 10 représente en perspective une calotte sphérique creuse 26 qui est réalisée selon le procédé de l'invention. Selon le procédé de réalisation utilisé, l'électrode 44 peut être constituée d'anneaux 50, 52 fermés ou d'anneaux 50, 52 découpés en plusieurs secteurs angulaires, ici quatre, correspondant aux secteurs angulaires 78. En effet, comme
15 l'électrode 44 est réalisée sur le disque 20 avant le formage de la calotte 26, le découpage des fentes 70 provoque une coupure des anneaux 50 et 52 formant ainsi des secteurs d'anneau 50a, 52a, 50b, 52b, 50c... Après le formage de la calotte 26 les extrémités libres des secteurs d'anneau 50a, 52a... ne sont pas en contact avec les extrémités libres des secteurs
20 d'anneau adjacents.

Cela permet de réaliser deux types de transducteur ultrasonore 60.

La réalisation du premier type de transducteur ultrasonore 60 consiste à relier électriquement les extrémités libres des secteurs d'anneau avec les extrémités libres des secteurs d'anneau 50a, 52a...en vis-à-vis de
25 façon à assurer la continuité électrique de chaque anneau 50, 52. Ainsi, chaque anneau 50, 52 en matériau conducteur peut être relié à un générateur de courant 48 par un élément conducteur 56, 58 respectivement alimenté chacun par un courant de phase et/ou d'amplitude différentes. Lorsque la phase et/ou l'amplitude du courant, fourni par le générateur 48
30 aux différents anneaux 50, 52, sont différentes, la distance focale du transducteur ultrasonore 60 est modifiée.

La réalisation du second type de transducteur ultrasonore 60, représenté à la figure 11, consiste à s'assurer que les extrémités libres des secteurs d'anneau 50a, 52a... ne sont pas en contact avec les extrémités
35 libres des secteurs d'anneau 50b, 52b...en vis-à-vis. Pour ce faire, il est avantageux que la colle injectée dans les fentes 70 pour augmenter la rigidité de la calotte 26 sphérique soit une colle isolante de l'électricité. Ainsi, chaque anneau 50, 52 est constitué de quatre secteurs d'anneau 50a, 52a... qui sont isolés électriquement les uns des autres par un cordon de

colle 80, représenté en détail à la figure 12. Dans ce cas, chaque secteur d'anneau 50a, 52a... est relié au générateur de courant par un élément conducteur 56a, 58a, 56b... associé. Le générateur 48 peut fournir à chaque secteur d'anneau 50a, 52a... un courant de phase et/ou d'amplitude différentes.

Ainsi, lorsque la différence de courant est appliquée entre les anneaux 50, 52, cela permet de modifier la distance focale du transducteur 60. Lorsque la différence de courant est appliquée entre chaque secteur d'anneau 50a, 52a..., c'est-à-dire lorsque tous les secteurs d'anneau 50a, 52a situés sur un secteur angulaire 78 sont alimentés par des courants identiques et que les secteurs d'anneau situés sur des secteurs angulaires 78 distincts sont différents, cela permet de modifier l'orientation du faisceau ultrasonore. Ainsi, il est possible de déplacer la tache focale sans modifier la position et l'orientation du transducteur 60.

Conformément à la figure 11, la partie de l'électrode 44 qui est située au sommet de la calotte 26 peut être un disque 82 en matériau conducteur électrique qui est alimenté par un élément conducteur 84. Cela permet de simplifier la réalisation de l'électrode 44 du transducteur 60.

Selon un mode de réalisation préféré, par exemple pour un transducteur ultrasonore d'un diamètre de 80 mm et d'un rayon de courbure de 60 mm pour une épaisseur de 1 mm, la calotte sphérique 26 est réalisée à partir d'un disque d'environ 85 mm de diamètre qui comporte huit fentes 70 radiales qui sont réparties angulairement de manière régulière. L'électrode située sur la face convexe d'un tel transducteur ultrasonore comporte alors 14 anneaux en matériau conducteur. Chaque anneau est divisé en huit secteurs angulaires. Dans ce cas, la largeur de chacune des fentes 70 au niveau du bord périphérique 72 est de l'ordre de 2,4 mm. Un transducteur de ce type peut être utilisé comme transducteur ultrasonore d'une puissance d'environ 200 watts par exemple pour traiter des tumeurs situées à proximité de la peau du patient telles que des tumeurs mammaires. On note que, en utilisant un disque qui comporte huit fentes 70 radiales, on obtient une meilleure répartition de la déformation, lors du formage de la calotte sphérique 26, par rapport à un disque comportant seulement quatre fentes 70 radiales.

This Page Blank (uspto)

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un transducteur ultrasonore (60) qui comporte une étape de formage d'une plaque en forme de disque (20) en matériau du type piézocomposite, en une calotte sphérique (26) creuse, caractérisé en ce que l'étape de formage est précédée d'une étape de découpe qui consiste à réaliser au moins une fente (70) d'orientation radiale qui s'étend depuis le bord périphérique (72) du disque (20) vers son centre (C) de façon que, après l'étape de formage, les deux bords (74, 76) libres opposés en vis-à-vis qui délimitent la fente (70) soient sensiblement en contact l'un avec l'autre, pour minimiser les contraintes internes dans la calotte (26) qui sont notamment provoqués par sa déformation.

2. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'au moins une fente s'étend radialement partiellement selon un rayon du disque.

3. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'au moins une fente (70) s'étend radialement jusqu'au centre (C) du disque (20).

4. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'au moins deux fentes (70) s'étendent radialement jusqu'au centre (C) du disque (20) de façon à le séparer en au moins deux parties distinctes.

5. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les bords libres (74, 76) opposés en vis-à-vis sont d'orientation radiale de façon que la fente (70) correspondante forme un V dont le sommet est orienté vers le centre (C) du disque (20).

6. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les bords libres (74, 76) opposés sont incurvés et convexes, avec leurs convexités opposées.

7. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le disque (20) comporte une série de fentes (70) réparties angulairement de manière régulière qui déterminent des secteurs angulaires (78) sensiblement identiques.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que de la colle est introduite dans la fente (70) de façon que, après l'étape de formage, les bords libres (74, 76) opposés soient collés entre eux.

9. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la colle est isolante électriquement.

10. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, lors de l'étape de formage, le matériau piézocomposite est chauffé pour le ramollir, puis est refroidi pour figer ses dimensions.

- 5 11. Transducteur ultrasonore (60) en forme de calotte sphérique (26) creuse réalisé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une fente (70) d'orientation radiale.

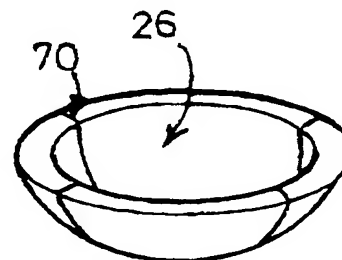
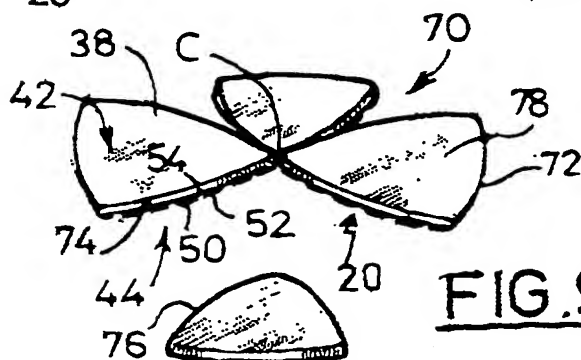
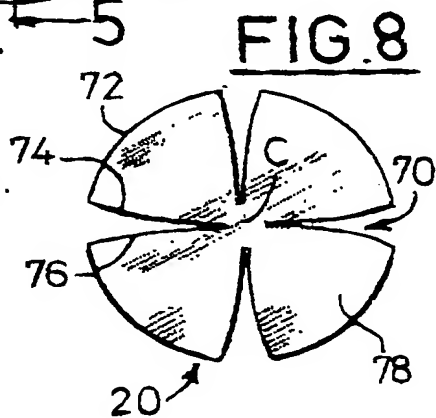
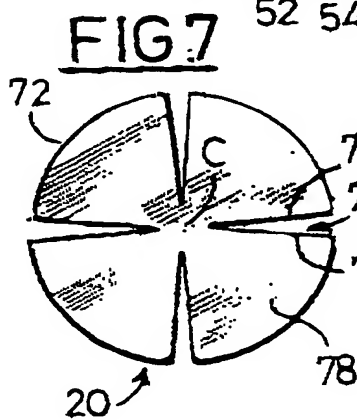
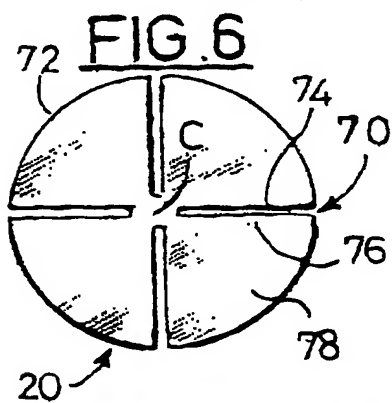
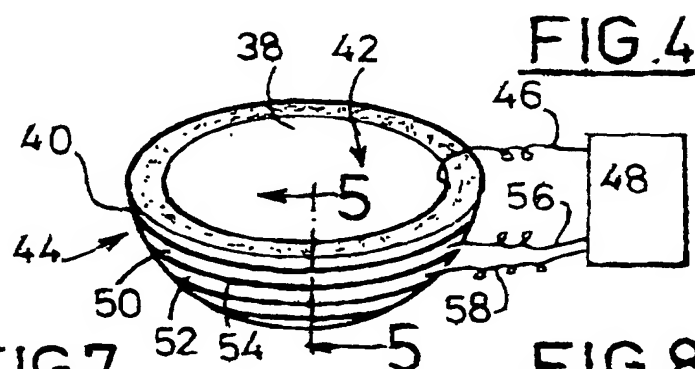
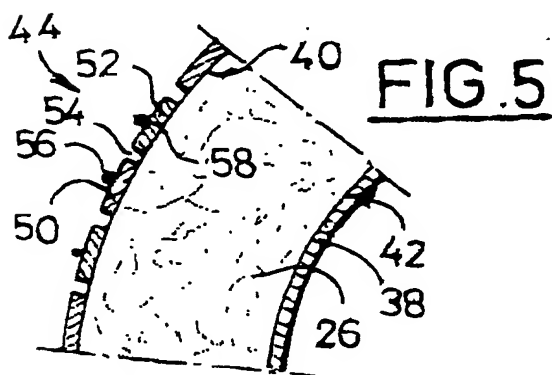
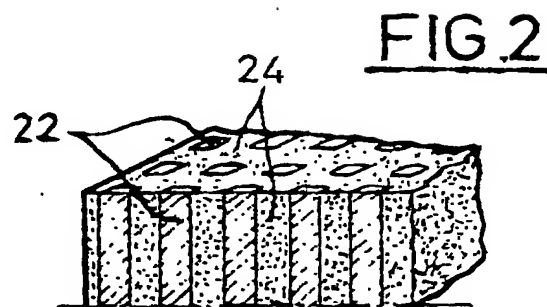
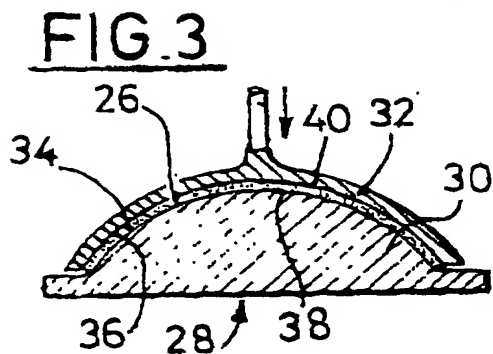
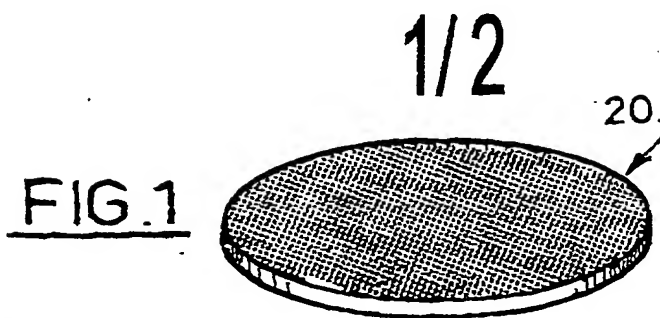
ABRÉGÉ**"Procédé de fabrication d'un transducteur ultrasonore et transducteur obtenu selon le procédé"**

L'invention propose un procédé de fabrication d'un transducteur ultrasonore (60) qui comporte une étape de formage d'une plaque en forme de disque en matériau du type piézocomposite, en une calotte sphérique creuse, caractérisé en ce que l'étape de formage est précédée d'une étape de découpe qui consiste à réaliser au moins une fente (70) d'orientation radiale qui s'étend depuis le bord périphérique (72) du disque (20) vers son centre (C) de façon que, après l'étape de formage, les deux bords libres opposés (74, 76) en vis-à-vis qui délimitent la fente (70) soient sensiblement en contact l'un avec l'autre, pour minimiser les contraintes internes dans la calotte qui sont notamment provoqués par sa déformation.

L'invention propose aussi un transducteur obtenu selon un tel procédé.

Figures 7 et 10

This Page Blank (uspto)



2/2

FIG.11

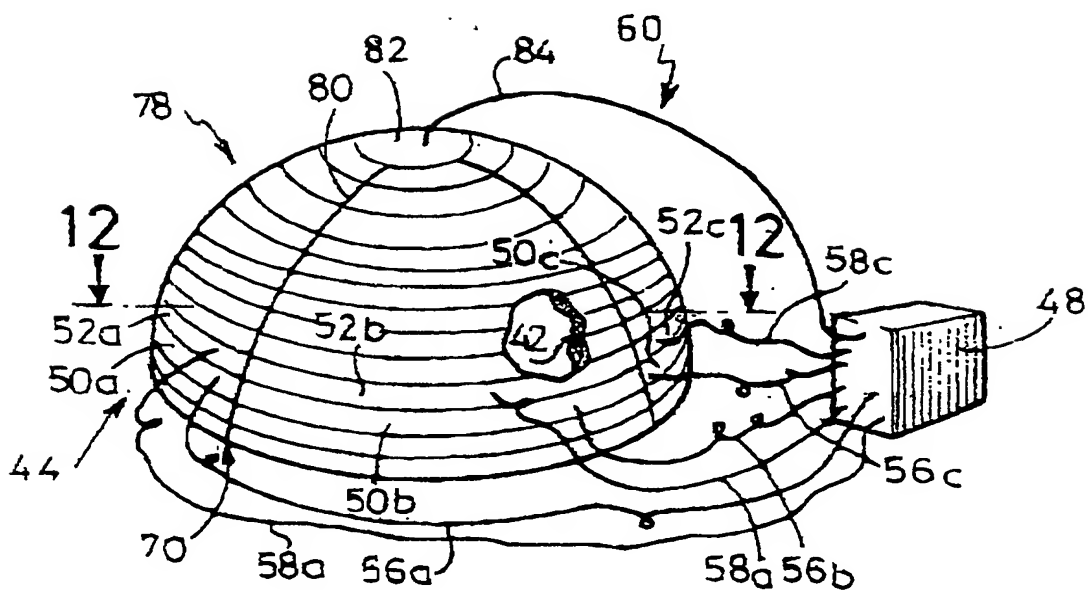


FIG.12

